

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2003031353

PUBLICATION DATE : 31-01-03

APPLICATION DATE : 10-07-01

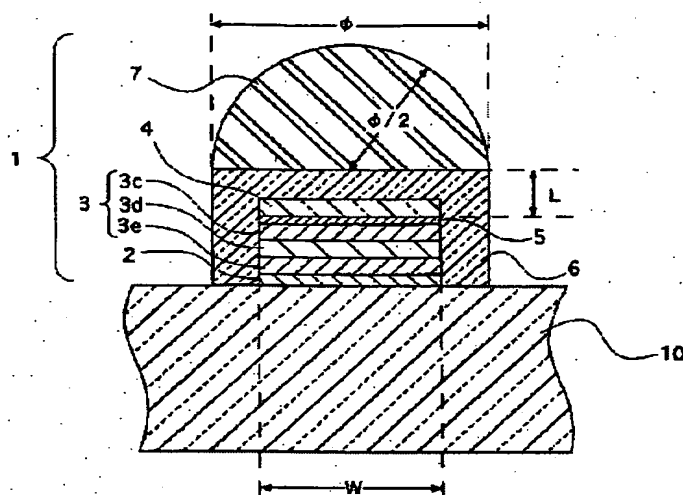
APPLICATION NUMBER : 2001209195

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : SATO TETSUYA;

INT.CL. : H05B 33/02 G09F 9/00 G09F 9/30
H05B 33/04 H05B 33/10 H05B 33/14

TITLE : LIGHT EMITTING ELEMENT, ITS
MANUFACTURING METHOD AND
DISPLAY PANEL USING THE SAME



- | | |
|--------|---------|
| 1 発光素子 | 5 バッファ層 |
| 2 反射電極 | 6 保護層 |
| 3 発光層 | 7 レンズ |
| 4 透明電極 | 10 基板 |

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting element with high light takeout efficiency.

SOLUTION: This light emitting element with a first electrode, a luminous layer and a second electrode laminated and arranged on the surface of a substrate emits light emitted from the luminous layer, to the outside of a system from the second electrode side in an upper layer above the luminous layer. A lens with a diameter not less than 3/2 times of the width of the luminous layer, preferably not less than twice the width of the luminous layer, for converging light emitted from the luminous layer, to emit the light to the outside of the system is disposed at an upper layer further above the second electrode of the light emitting element.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-31353

(P2003-31353A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 5 B 33/02		H 0 5 B 33/02	3 K 0 0 7
G 0 9 F 9/00	3 1 6	C 0 9 F 9/00	3 1 6 A 5 C 0 9 4
	9/30		3 3 8 5 G 4 3 5
	3 6 5		3 6 5 Z
H 0 5 B 33/04		H 0 5 B 33/04	

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-209195(P2001-209195)

(22) 出願日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(71) 出願人 000003821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 杉浦 久則

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 松尾 三紀子

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100101823

弁理士 大前 要

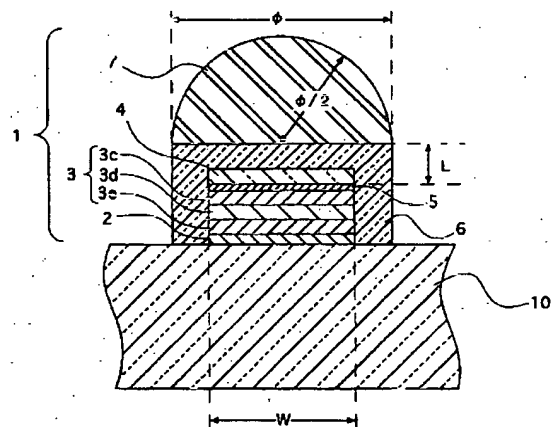
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子およびその製造方法ならびにそれを用いた表示パネル

(57) 【要約】

【課題】 光の取り出し効率が高い発光素子を提供する。

【解決手段】 基板の表面に第一電極、発光層および第二電極が積層して配され、発光層の発した光を発光層よりも上層の第二電極の側より系外に出射する発光素子の、第二電極よりもさらに上層に、発光層において発せられた光を集光して系外に出射するためのものであって、その直径が発光層の幅の3/2倍以上、好ましくは2倍以上であるレンズを配する。



- | | |
|--------|---------|
| 1 発光素子 | 5 バッファ層 |
| 2 反射電極 | 6 保護層 |
| 3 発光層 | 7 レンズ |
| 4 透明電極 | 10 基板 |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の表面に配された第一電極、前記第一電極に積層して配された発光層、前記発光層に積層して配された透明または半透明な第二電極、および前記第二電極に積層して配され前記発光層の発した光を集光して系外に出射するためのレンズを具備し、前記レンズの直径が、前記発光層の幅の $3/2$ 倍以上である発光素子。

【請求項2】 前記レンズの直径が、前記発光層の幅の2倍以上である請求項1記載の発光素子。

【請求項3】 前記レンズが、前記発光層からの距離の2倍以上の直径を有する半球状である請求項1記載の発光素子。

【請求項4】 前記レンズが、前記発光層からの距離の3倍以上の直径を有する半球状である請求項1記載の発光素子。

【請求項5】 前記レンズが、フレネルレンズまたは屈折率分散型レンズである請求項1記載の発光素子。

【請求項6】 前記レンズおよび第二電極の間に保護層をさらに備えた請求項1記載の発光素子。

【請求項7】 前記発光層が、有機化合物からなる請求項1記載の発光素子。

【請求項8】 基板の表面に配された第一電極、前記第一電極に積層して配された発光層、前記発光層に積層して配された透明または半透明な第二電極、および前記第二電極に積層して配され前記発光層の発した光を集光して系外に出射するためのレンズを具備し、前記レンズの曲率半径が、前記発光層の幅の $3/4$ 倍以上である発光素子。

【請求項9】 前記レンズの曲率半径が、前記発光層の幅以上である請求項8記載の発光素子。

【請求項10】 基板と、前記基板の表面に配された第一電極、前記第一電極に積層して配された発光層、前記発光層に積層して配された透明または半透明な第二電極、および前記第二電極よりも上層に積層して配され前記発光層の発した光を集光して系外に出射するためのレンズを備え、集光レンズの直径が、前記発光層の幅の $3/2$ 倍以上である発光素子の複数とを備えた表示パネル。

【請求項11】 前記発光素子の動作を制御するための薄膜トランジスタをさらに備えた請求項10記載の表示パネル。

【請求項12】 前記薄膜トランジスタが非晶質シリコンからなる半導体層を具備する請求項11記載の表示パネル。

【請求項13】 基板上に第一の電極を形成する工程、前記第一の電極に積層して発光層を形成する工程、前記発光層に積層して透明または半透明な第二の電極を形成する工程、第二の電極に積層して保護層を形成する工程、および前記第二の電極に積層して前記発光層の発し

た光を集光して系外に出射するためのレンズを形成する工程を含む発光素子の製造方法。

【請求項14】 基板上に第一の電極を形成する工程、前記第一の電極に積層して発光層を形成する工程、前記発光層に積層して透明または半透明な第二の電極を形成する工程、および前記第二の電極に積層して透明材料からなる層を形成する工程、前記透明材料からなる層を加工して、前記発光層の発した光を集光して系外に出射するためのレンズを形成する工程を含む発光素子の製造方法。

【請求項15】 前記透明材料が光硬化性樹脂であって、前記レンズを形成する工程において、前記光硬化性樹脂からなる層を所定のパターンに加工し、さらにパターン化された前記光硬化性樹脂を熱処理によってレンズ状に加工する請求項14記載の発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子等の発光素子およびそれを用いた表示パネルに関するものであって、より詳しくは発光素子の光の取り出し効率を向上させるための改良に関する。

【0002】

【従来の技術】エレクトロルミネッセンス素子（以下、EL素子とする）、発光ダイオード等の電場発光素子は、自発光のため視認性が高く、薄型化が可能なため、バックライト、平板状ディスプレイ等の表示素子として注目を集めている。中でも、有機化合物を発光体とする有機EL素子は、低電圧駆動が可能で、大面積化が容易なこと、適当な色素を選ぶことにより所望の発光色が容易に得られること等の特徴を有し、次世代ディスプレイとして活発に開発が行われている。例えば厚さ $1\mu\text{m}$ 以下のアントラセン蒸着膜に 30V の電圧を印加することにより、青色の発光が得られている(Thin Solid Films, 94 (1982) p.171)。しかし、この素子では高電圧を印加しても十分な輝度が得られず、有機発光体を用いたEL素子として実用化するにはさらに発光効率を向上する必要があった。

【0003】これに対し、Tangらは、透明電極（正極）、正孔輸送層、電子輸送性の発光層および仕事関数の低い金属からなる負極が積層され、 10V 以下の印加電圧で 1000cd/m^2 の輝度を示す、発光効率が向上した有機発光素子を提案している(Applied Physics Letter, 51 (1987) p.913)。

【0004】さらに、正孔輸送層と電子輸送層で発光層を挟み込んだ3層構造の素子(Japanese Journal of Applied Physics, 27 (1988) L269)や、発光層にドーピングされた色素からの発光を得る素子(Journal of Applied Physics, 65 (1989) 3610)も提案されている。

【0005】従来の有機EL素子の一般的な構成の断面図を図5に示す。例えばガラス、プラスチック等から

なる透明な基板10の表面には、正極として例えばインジウム錫酸化物(以下、ITOとする)からなる透明電極21が配されていて、さらにそれに積層して例えばN、N'-ジフェニル-N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン(TPD)からなる正孔輸送層3b、例えばトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq_3)からなる電子輸送性発光層3a、および負極として例えばAlLi合金からなる反射電極22が配されている。正極としての透明電極21と負極としての反射電極22との間に電圧を印加すると、透明電極21から正孔輸送層3bに正孔が注入され、反射電極22から電子輸送性発光層3aに電子が注入される。透明電極21から注入された正孔は、正孔輸送層3b中を通過してさらに電子輸送性発光層3aに注入される。電子輸送性発光層3a中で正孔と電子が再結合し、これによって励起された Alq_3 分子からの発光が得られる。

【0006】通常、ITO等からなる透明電極は、スパッタ法、電子ビーム蒸着法等により形成され、TPD、 Alq_3 等の有機物からなる正孔輸送層、電子輸送性発光層及びAlLi等からなる反射電極は、抵抗加熱蒸着法により形成される。

【0007】前記有機EL素子以外の発光素子としては、無機EL素子がある。無機EL素子の一般的な構成の断面図を図6に示す。例えばガラスからなる透明な基板10に積層して、例えばITOからなる透明電極21と、例えば Ta_2O_5 からなる第一絶縁層23a、例えばMnをドーピングしたZnSからなる発光材料層23bおよび例えば Ta_2O_5 からなる第二絶縁層23cが積層した発光層23と、および例えばAlからなる反射電極22が配される。この両電極に交流電圧を印加すると、絶縁層23aまたは23cと発光材料層23bとの界面から出た電子が加速されて、発光材料層23b中の発光中心であるMnに衝突してこれを励起し、励起したMnが基底状態に戻る際に光が発せられる。

【0008】これらの発光素子を画素に用いて、ディスプレイパネルを得ることができる。すなわち、微小な発光素子をマトリクス状に並べ、所望の素子(画素)を発光させることにより、画像を形成する。発光素子を用いたディスプレイパネルは、駆動方式により2種類に分類される。一方は、互いに直交するようにして対向したライン状の正極および負極の交点部分に発光層が、これらに挟まれて配されたいわゆる単純マトリクスパネルである。発光させたい画素を含む一対の電極間に電圧が印加される。一般に、単純マトリクスパネルではラインごとに発光させる画素を選択する線順次方式により駆動する。単純マトリクスパネルでは、各画素が対応する一対の電極が選択されている期間しか発光しないため、画素数すなわちライン数が多くなると、画素の発光時間が短くなる。したがって、発光時のピーク輝度を大きくする

必要がある。

【0009】他方は、各画素にそれぞれ薄膜トランジスタ(TFT)等のスイッチング素子が配されたいわゆるアクティブマトリクスパネルである。選択された画素には、それぞれ一定期間、所定の電圧が印加される。アクティブマトリクスパネルでは、選択期間以外でも発光を維持することができるため、単純マトリクスパネルのようにピーク輝度を上げる必要はない。従って、アクティブマトリクスパネルのほうが消費電力は小さくできる。しかしながら、その一方で、例えば1画素あたり数マイクロアンペア〜数十マイクロアンペアの大きな電流を流す必要があるため、TFT材料として液晶パネルに広く用いられている非晶質シリコンに代えてより移動度の高いポリシリコンまたは単結晶シリコンを用いる必要がある。ポリシリコンまたは単結晶シリコンを用いたTFT素子は、非晶質シリコンを用いたそれと比べて、複雑な製造工程が求められ、したがって製造コストが大きいという問題がある。

【0010】ディスプレイパネルの消費電力の低減等を目的として、発光素子の発光効率の向上が求められている。発光素子の発光効率を制限している要因として、発光層から外部への光の取り出し効率がある。図7に示すように、発光層3で発生した光のうち臨界角以上の光は各層間の界面、あるいは基板10と空気との界面で全反射するため外部に取り出すことができない。外部取り出し効率は、発光体の屈折率をnとすると、 $1/2n^2$ で表される(Advanced Materials, 6 (1994) p.491)。一般的な有機EL素子の場合、発光体の屈折率が約1.6で、外部取り出し効率は約20%となる。また、無機EL素子で、例えば発光層に屈折率約2.3のZnSを用いた場合、外部取り出し効率は約10%である。従って、たとえ内部量子効率(注入された電荷の光への変換効率)が100%であったとしても、取り出し効率による制限のため、外部量子効率は10%〜20%程度になってしまう。

【0011】そこで、この取り出し効率を向上するため、様々な手法が検討されてきた。例えば、特開昭61-195588号公報には、基板の端面に光反射膜が形成されたEL素子が提案されている。同公報によると、基板端面に光反射膜を形成することにより、主に基板中を伝搬して基板端面から分散してしまう光を光取り出し面へ集光させることができるとしている。しかしながら、この手法によると、例えば微小な発光素子をマトリクス状に並べたドットマトリクスディスプレイ等に用いる場合においては、各発光素子ごとに光反射膜を形成することは非常に困難である。特開平4-306589号公報やOptics Letters vol.27, No.6 (1997) p.396には、発光層あるいは基板をメサ形状とする方法等が提案されている。しかしながら、これらの方法では、基板の加工が困難である。

【0012】そこで、基板の光取り出し面に集光のためのレンズを配したE.L.素子が提案されている。特開昭63-314795号公報には、基板の光を出射する側の面が凸レンズ状に加工された有機E.L.素子が提案されている。また、特開平9-171892号公報には、上記公報で提案されたそれと同様に基板の光取り出し面にレンズ構造を有し、レンズの曲率中心が発光部の中心であるか、レンズの頂点から基板の他方の側の表面までの距離が曲率半径以下である有機E.L.素子が提案されている。しかしながら、上記公報のようにレンズを配することだけでは、たとえ図8(a)に示すように、発光素子(画素)1とレンズ10aが1対1となるように配置されたとしても、十分な効果は得られない。すなわち、レンズ10aを配することで、発光層3のうち図8(b)に領域Aで示すような所定の領域(たとえばレンズの曲率中心部およびその周辺部)において発せられた光の取り出し効率は向上するものの、領域Bのようなたとえば発光層側端部等の他の領域において発せられた光は、レンズを有さない場合に本来外部に出射されていた成分がレンズに臨界角以上で入射して全反射することになる。

【0013】また、これらの公報で提案されたような発光素子では、光は等方的に発せられたのちある程度の厚みを持った基板を通過してその光取り出し面に到達する。したがって、基板透過時の減衰が懸念される。また、これらの素子の多数を配列してドットマトリクスディスプレイに用いる場合には、発光層より発せられた光の成分がそれぞれ異なるレンズに入射してしまい、画像ににじみが生じてしまう。

【0014】そこで、特開平10-172756号公報には、基板の発光層が配された側とは異なる面より光が出射され、電極と基板との間に集光用のレンズが埋設された有機E.L.発光装置が提案されている。同提案によると、上記のような画像のにじみ等は抑えられるが、一方でレンズ材料と基板材料との屈折率差を大きくすることが困難であるためにレンズによる集光効果を得にくい。

【0015】特開平4-192290号公報では、上記公報と同様の基板表面より光を出射し、その表面に集光用のマイクロレンズが配された有機E.L.装置とともに、他方の側すなわち第二の電極の表面より光を出射し、第二の電極よりも上層に同様のマイクロレンズが配された有機E.L.装置が提案されている。同公報によると、画素の大きさがマイクロレンズの大きさと同等またはその整数倍であることが好ましいとしている。同公報において提案された素子のように発光層がレンズの径よりも大きい場合、上記説明のように、発光層の中心部において発せられた光については有用であるが、一方で発光層の他の領域において発せられた光に対しては逆に悪影響を及ぼすことから、大きな効果は得られない。たとえば、図9に示す領域Cより破線で示すよう発せられた光は、レンズ17が配されない場合には系外に出射されなかった

が、レンズ17を配することにより系外に出射される。しかしながら、同領域より実線で示すように出射された光は、本来系外に出射されていたものがレンズ17の存在によって全反射して系外には射出されなくなる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の問題点を解決し、光の取り出し効率が高い発光素子を提供することを目的とする。あわせて、発光素子を用いたアクティブマトリクスパネルにおいて、画像のにじみが少なく、さらにも低コストで製造できる発光素子を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明では、基板の表面に第一電極、発光層および第二電極が積層して配され、発光層の発した光を発光層よりも上層の第二電極の側より系外に出射する発光素子の、第二電極よりもさらに上層に、発光層において発せられた光を集光して系外に出射するためのものであって、その直径が発光層の幅の3/2倍以上、より好ましくは2倍以上であるレンズを配する。発光素子をアレイ状に配列する表示パネルにおいては、各発光素子に配することができるレンズの大きさは限定される。そこで、上記発光素子のレンズに代えて、その曲率半径が発光層の幅の3/4倍以上、より好ましくは2倍以上であるレンズを用いると、同様に高い光取り出し効率を得ることができかつ高密度で配置可能な表示パネルに適した発光素子が得られる。本発明は、光を基板と反対側から取り出し、発光層と光取り出し面の間に集光用のレンズが設けられた発光素子において、レンズと発光層とが所定の条件を満たす場合に、従来は発光層、透明電極あるいは透明基板中に閉じこめられて外部には取り出せなかった光を取り出せることができ、これによって発光効率が飛躍的に向上するという新たな知見に基づいたものである。

【0018】特に、レンズが発光層からの距離の2倍以上、より好ましくは3倍以上の直径を有する半球状であると、素子の光取り出し効率は大きく向上する。半球レンズの直径を4倍以上とすると、レンズを有さない従来の素子の2倍以上の光取り出し効率を得ることができる。レンズとしては、上記の半球レンズのほか、通常の球面レンズ、非球面レンズ、フレネルレンズ、屈折率分散型レンズ等を用いる。本発明は、発光層の種類を問わず、あらゆる発光素子に適用される。

【0019】なお、上記のような光取り出し効率に優れた本発明の発光素子は、輝度の確保に求められる電流量が従来のそれと比べて大幅に小さいことから、これを画素に用い、そのそれぞれをスイッチング素子により制御するアクティブマトリクス型の表示パネルにおいて、消費電力を低減することができる。また、そのスイッチング素子、とりわけ有機E.L.素子のスイッチング素子に移動度の小さいアモルファスシリコンの使用が可能にな

る。また、本発明の発光素子を任意の面積の基板全面に形成することで、バックライト等の照明装置として用いることもできる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

【0021】本実施の形態の発光素子を図1に示す。発光素子1は、発光材料に有機化合物を用いたいわゆる電流注入型有機EL素子である。発光素子1は、たとえばガラスからなる基板10の表面に形成される。基板10には、このほか、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエチレンテレフタレートなどの樹脂製のフィルム、またはシリコンが用いられる。

【0022】基板10の上に形成された反射電極2は、発光層3において発せられた光を反射して図中上方に向けて放射するためのものであって、たとえばアルミニウム、銀またはこれらの酸化物等の化合物からなる。銀化合物としては、銀・パラジウム・銅 (Ag-Pd-Cu) の合金あるいは銀・金・銅 (Ag-Au-Cu) の合金が用いられる。通常反射電極2は陰極であって、電子の注入効率の高い材料、すなわち仕事関数の低い材料が用いられる。例えばAl-Li合金やMg-Ag合金のようにLi、Mg等の仕事関数が低い反応性の高い金属とAl、Ag等反応性が低く安定な金属との合金を用いればよい。また、Li/Al、LiF/Al等の仕事関数の低い金属あるいはその化合物の層と仕事関数の高い金属の層を重ねあわせた積層電極などを用いることができる。反射電極2は、スパッタ、エレクトロンビーム蒸着、抵抗加熱蒸着等の方法により形成される。なお、反射電極2に代えて、金属からなる反射層と透明/半透明電極との積層体を用いることもできる。

【0023】反射電極2上に形成された発光層3は、Alq₃等の有機発光材料を含む。発光層3は、正極側にTPD等を含む正孔輸送層3cを、負極側にオキサジアゾール等を含む電子輸送層3eを、両層間にペリレン等を含む発光材料層3dをそれぞれ配した3層構造を有する。なお、発光層3には、TPD等を含む正孔輸送層を正極側にAlq₃等を含む電子輸送性発光層を負極側に配した2層構造や、正極側に正孔輸送層、負極側に電子輸送層を配しかつ両層間に他の層を配した4層以上の積層構造を有するものなど、他の構成のものを用いることができる。発光層3は、一般に抵抗加熱蒸着法により形成される。この他、エレクトロンビーム蒸着法、スパッタ法等を用いてもよい。

【0024】また、無機EL素子の場合には、発光層3は、たとえばMn等をドーパしたZnS等からなる発光材料層とそれを挟んだ一対のTa₂O₅等からなる絶縁層を含む多層構造を有する。発光層3は、一般にスパッタ法により形成される。また、エレクトロンビーム蒸着法、抵抗加熱蒸着法、イオンブレーティング法等を用い

てもよい。

【0025】透明電極4は、ITO、酸化錫等の酸化物透明電極あるいは5〜数十nm程度の金属薄膜（たとえばMgAg合金）からなり、発光層3において発せられた光を透過する。透明電極4は、スパッタ法、抵抗加熱蒸着法、エレクトロンビーム蒸着法、イオンブレーティング法等により形成する。なお、有機EL素子の場合、発光層の高温加熱による劣化を防ぐため、透明電極4は、低温で形成する必要がある。さらに、透明電極4として薄膜をスパッタ法やエレクトロンビーム蒸着法等により発光層3上に形成する場合、有機材料からなる発光層3のダメージを軽減するため、発光層3上にバッファ層5を形成してから透明電極4を形成することが好ましい。バッファ層5としては、銅フタロシアニン等の熱的に安定な有機化合物あるいは膜厚約10nmのMgAg等の透明金属薄膜等を用いればよい。

【0026】発光層3、透明電極4等を覆う透明な絶縁材料（たとえば酸化ケイ素）からなる保護層6は、その上層へのレンズ7の形成における、例えばフォトリソグラフィによるエッチング用薬品や、レンズ材料をスパッタ法で形成する際のプラズマによる発光層3等のダメージを低減するためのものである。また、レンズ7を形成する表面を平坦化するためのものでもある。さらに、保護層6は、素子の使用時において発光層3等の吸湿等を防ぐ機能をも有する。

【0027】保護層6上に配された集光用のレンズ7は、ガラスや樹脂等の透明材料からなる。レンズ7には、半球レンズ等の球面レンズ、非球面レンズ、フレネルレンズ等が用いられる。レンズ7は、例えば、光硬化性樹脂材料を透明電極4上にスピンコート法あるいはキャスト法により塗布した後、フォトリソグラフィ法により所望のパターンにパターニングして形成する。また、必要に応じて、さらに熱処理等を加えて半球状などの所望の形状に加工される。また、ガラス層を塗布法、真空成膜法等で形成した後、この層をフォトリソグラフィ法によりレンズ7に加工してもよい。

【0028】さらに、レンズ7には、いわゆる屈折率分布型レンズを用いることができる。樹脂、SiO₂などのレンズ材料からなる層を塗布法、蒸着法、スパッタ法などで形成した後、イオン交換法などの方法によって層内の所定箇所に不純物を選択的に拡散させて屈折率分布型のレンズを形成する。

【0029】本実施の形態の発光素子を用いたアクティブマトリクス型の表示パネルの例を図2に示す。ガラス等からなる基板10の表面に、たとえば酸化ケイ素からなる絶縁層11を隔てて図1に示すものと同様の発光素子1が複数配列して配される。発光素子1の透明電極（正極）4は、隣接する画素の発光素子のそれと電気的に接続されている。一方、発光素子1の反射電極（負極）2は、スイッチング素子としての薄膜トランジスタ

(TFT) 12のドレイン電極13と電気的に接続されている。TFT 12は、絶縁層11を隔てて半導体層16に対向して配されたゲート電極14に出力された信号に基づいてソース電極15とドレイン電極13との電気的接続を制御する。

【0030】

【実施例】実際に、有機EL素子を作製し、その光取り出し効率を測定した。

【0031】図1に示すものと同様であって、一辺が $100\mu\text{m}$ の正方形の発光層3と、直径が $100\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ または $400\mu\text{m}$ の半球状の集光レンズ7とを備えた有機EL素子を作製した。ここで、保護層6の厚さが互いに異なる素子をそれぞれ作製した。基板10には、厚さ 0.7mm のガラス基板を用い、この上に厚さが約 250nm のアルミニウム膜をスパッタ法により形成した。形成されたアルミニウム膜をフォトリソグラフィーにより所望の形状にパターニングして反射電極2を形成した。反射電極2上に、Liからなる厚さが 1.5nm の電子注入層3a、Alq₃からなる厚さが 50nm の発光材料層3b、TPDからなる厚さが 50nm の正孔輸送層3c、および銅フタロシアニンからなる厚さが 5nm のバッファ層5をそれぞれ抵抗加熱蒸着法により積層して形成した。

【0032】この上に、ITOからなる透明電極4および酸化ケイ素からなる保護層6をスパッタ法により形成した。成膜は室温で行い、膜厚はそれぞれ 100nm とした。さらにこの上に、エポキシ系の光硬化性樹脂からなるレンズ材料を塗布し、フォトリソグラフィ法により所望のパターンにパターニングした。さらに、 80°C で30分熱処理して半球状のレンズ7を形成した。

【0033】こうして作製した発光素子1の透明電極4を正極として、透明電極4と反射電極2の間に電圧を印加すると、透明電極4より外部に緑色光の出射が観察された。発光層3とレンズ7の間の距離（発光層-レンズ間距離）と光取り出し効率との関係を調べた。その関係を図3に示す。なお、図中、Y軸は、レンズを配さない場合に対する光取り出し効率の比である。

【0034】図より明かなように、発光層-レンズ間距離およびレンズの径が光の取り出し効率に大きな影響を与える。レンズの径が、発光層の幅と等しい $100\mu\text{m}$ の場合には、レンズ無しの場合と比べて発光層-レンズ間距離が約 $8\mu\text{m}$ 以下で光取り出し効率に若干の向上が確認されたのみであって、発光層-レンズ間距離がそれよりも大きくなると逆に低い値を示している。すなわちレンズを配することによる効果はほとんど認められない。一方、レンズの径が発光層の幅の1.5倍以上になると、発光層-レンズ間距離が小さい場合には、レンズを有さない発光素子と比べて2倍以上の光取り出し効率を得られる。レンズの径が大きくなるにつれ、発光層-レンズ間距離が大きい場合の光取り出し効率は高くな

る。しかしながら、いずれの径のレンズにおいても、発光層-レンズ間距離が大きくなるにつれ、光取り出し効率は低下する。発光層-レンズ間距離が約 $200\mu\text{m}$ 以上になると、いずれのレンズを用いた場合においても、レンズを用いない従来の素子よりも光取り出し効率は低くなる。すなわち、これは、両者間距離が大きくなることによる単位面積当たりの光量の低下および減衰量の増大によるものと考えられる。光取り出し効率の向上のためには、発光層-レンズ間距離をより小さくすることが望まれる。ただし、本実施例の発光素子のように基板を透過させずに光を出射する発光素子においては、基板上に配された発光層の上にレンズを配することから、発光層-レンズ間距離（すなわち透明電極および保護層の厚さ）が $100\mu\text{m}$ 以上となるような場合は実用的には無視できる。したがって、実質的には、レンズ径が $150\mu\text{m}$ 以上、すなわちレンズ径が発光層の幅の1.5倍以上またはレンズの曲率半径が発光層の幅の3倍以上であると、レンズを有さない従来の発光素子と比べて高い光取り出し効率を得られる。

【0035】光取り出し効率とレンズ径および発光層-レンズ間距離の比との関係を図4に示す。図4(a)より明かなように、レンズ径が発光層の幅の2倍以上である発光素子は、レンズの直径に関わらず類似した挙動を示す。図4(b)に示すように、特にレンズ径が発光層-レンズ間距離の2倍以上であると、レンズを有さない従来の発光素子と比べて高い光取り出し効率を得られ、3倍以上であると1.5倍以上の光取り出し効率が、4倍以上であると2倍以上で安定した光取り出し効率が得られる。

【0036】

【発明の効果】本発明によると、光取り出し効率が高い発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の発光素子を示す縦断面図である。

【図2】同発光素子を用いた表示パネルの要部を示す縦断面図である。

【図3】同発光素子の発光層-レンズ間距離と光取り出し効率の関係を示す特性図である。

【図4】(a)および(b)は、ともに同素子のレンズ径と発光層-レンズ間距離との比に対する光取り出し効率の関係を示す特性図である。

【図5】有機エレクトロルミネッセンス素子の構成を示す概略した縦断面図である。

【図6】無機エレクトロルミネッセンス素子の構成を示す概略した縦断面図である。

【図7】従来の発光素子における光の出射を示すモデル図である。

【図8】(a)は、従来の他の発光素子の構成を示す概略した縦断面図であって、(b)は同素子における光の

出射を示すモデル図である。

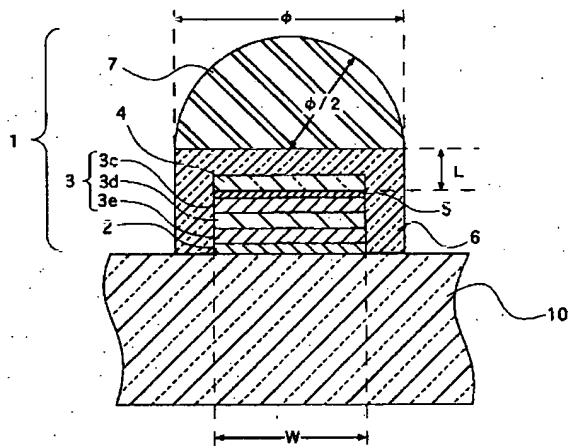
【図9】従来のさらに他の発光素子における光の出射を示すモデル図である。

【符号の説明】

- 1 発光素子
- 2、22 反射電極
- 3、23 発光層
- 3a 電子輸送性発光層
- 3b、3c 正孔輸送層
- 3d 発光材料層
- 3e 電子輸送層
- 4、21 透明電極
- 5 バッファ層

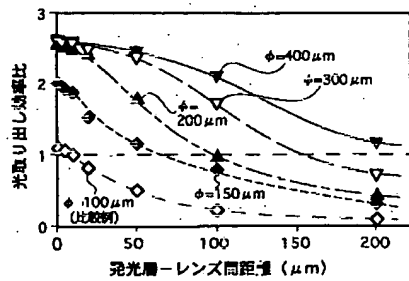
- 6 保護層
- 7、17 レンズ
- 10 基板
- 11 絶縁層
- 12 薄膜トランジスタ
- 13 ドレイン電極
- 14 ゲート電極
- 15 ソース電極
- 16 半導体層
- 23a 第一絶縁層
- 23b 発光材料層
- 23c 第二絶縁層

【図1】

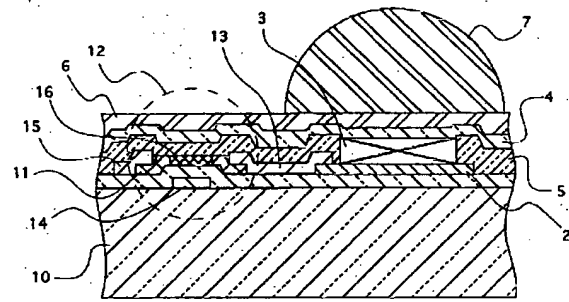


- 1 発光素子
- 2 反射電極
- 3 発光層
- 4 透明電極
- 5 バッファ層
- 6 保護層
- 7 レンズ
- 10 基板

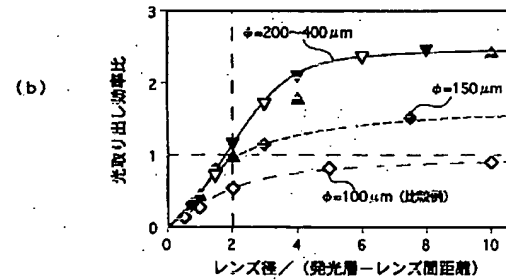
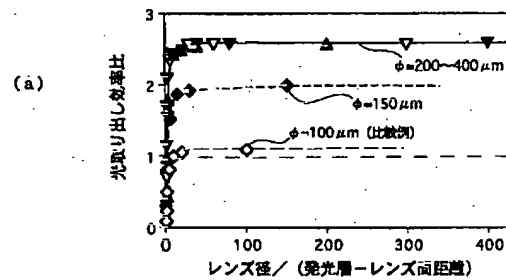
【図3】



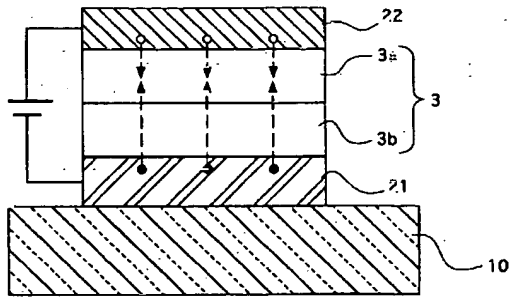
【図2】



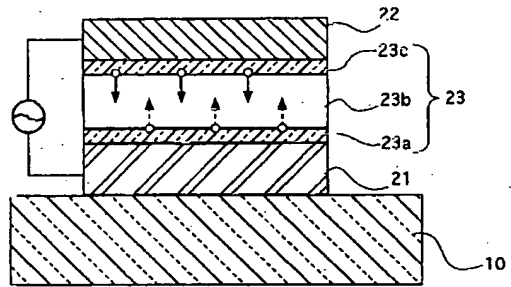
【図4】



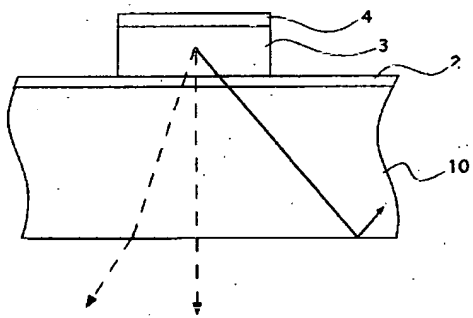
【図5】



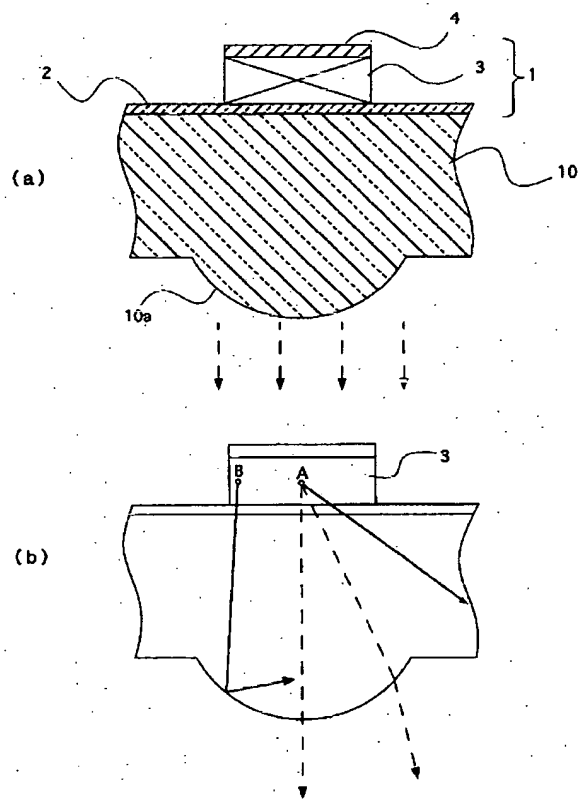
【図6】



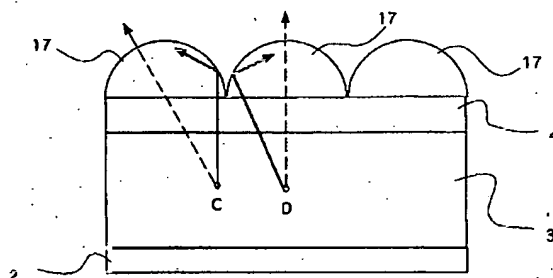
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H05B 33/10
33/14

識別記号

F I

H05B 33/10
33/14

(参考)

A

(72)発明者 佐藤 徹哉

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

F ターム(参考) 3K007 AB02 AB18 BA06 BB06 BB07

CB01 DA01 DB03 EB00 FA01
FA02

5C094 AA06 AA10 AA43 AA48 BA03

BA27 CA19 CA25 DA09 DA12

DA13 EA04 EA05 ED01 FA01

FA02 FB01 FB12 FB14 FB15

FB20 GB10 JA01

5G435 AA03 AA17 BB05 CC09 EE03

GG02 GG05 KK05 KK07